

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 33 997 C 1

⑳ Aktenzeichen: 196 33 997.9-31
㉑ Anmeldetag: 23. 8. 96
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 26. 3. 98

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 04 N 1/413
H 04 N 1/64
H 04 N 7/12
H 04 M 11/06
G 02 B 21/00
G 02 B 21/36
G 02 B 23/24
G 03 B 42/00
// H04N 7/18, A61B
19/00

DE 196 33 997 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:
Universität Stuttgart, 70174 Stuttgart, DE
㉘ Vertreter:
Patentanwälte Wilhelm & Dauster, 70174 Stuttgart

㉙ Erfinder:
Schwarzmann, Peter, 72555 Metzingen, DE; Schmid,
Joachim, 73431 Aalen, DE; Binder, Bernd, 72138
Kirchentellinsfurt, DE

㉚ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

US 55 43 939
US 53 31 551
US 52 16 596
WO 94 03 014 A1

US-Z.: RISKIN, E. et al.: Variable-Rate Vector
Quantization for Medical Image Com- pression. In:
IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.9, No.3,
Sept.1990, S.290-298;

DE-Z.: BOCK, G.: Bildtelefon im ISDN. In: Bosch
Techn. Berichte 8, 1986/87/89, H.6, S.296-309;

DE-Z.: HEUSER, S.: Multimedia durch das Telefon.
In: Elektronik, H.8, 1995, S.52-58;

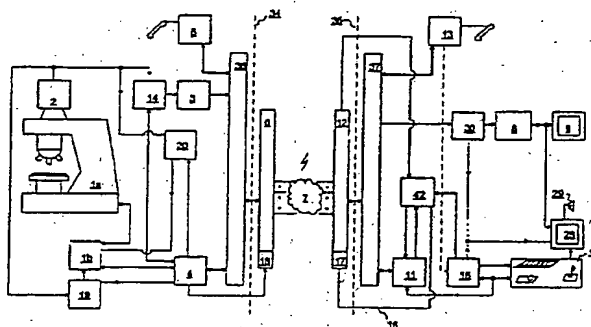
DE-Z.: HEUSER, S.: Video über Telefon. In:
Funkschau, H.17, 1995, S.38-41;

㉛ Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung

㉜ Die Erfindung bezieht sich auf eine Objektfernuntersuchungseinrichtung mit einem am Ort des zu untersuchenden Objektes (43) angeordneten Bildaufnahmesystem, einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems sowie mit einer zwischenliegenden, schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke (7).

Erfindungsgemäß ist eine Systemzustandsbestimmungseinheit (42) vorgesehen, die laufend den bildübertragungsrelevanten Gesamtsystemzustand erfaßt und abhängig davon die Bilddatenkompression und/oder -reduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel verwendeten Telekommunikationskanälen selbsttätig so steuert, daß sowohl die für eine jeweilige Situation wünschenswerte Bildqualität als auch ein jeweils noch bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt werden.

Verwendung z. B. zur Telemikroskopie, Teleendoskopie und Telesonographie.



DE 196 33 997 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Objektfernuntersuchungseinrichtung mit einem am Ort des zu untersuchenden Objektes angeordneten Bildaufnahmesystem, einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems sowie mit einer zwischenliegenden schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke, über welche die vom Bildaufnahmesystem erzeugten Bilddaten unter Verwendung von Bild-

datenkompression und/oder -reduktion zur Beobachtungsstation sowie von der Beobachtungsstation erzeugte Steuerbefehlsignale zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems übertragen werden.

Derartige Objektfernuntersuchungseinrichtungen sind beispielsweise in Form von Telemikroskopiesystemen bekannt, wie sie insbesondere zur Telepathologie eingesetzt werden. Das zu untersuchende Objekt ist in diesem Fall ein Gewebeschnitt, der z. B. während einer Operation angefertigt wird. Das Bildaufnahmesystem beinhaltet ein in allen Funktionen fernsteuerbares Mikroskop, eine Bildaufnahmeeinrichtung für das Mikroskopgesichtsfeld, einen Sender für das Bildsignal und einen Empfänger für die Steuerbefehle an das Mikroskop. Sender und Empfänger sowie ein zusätzlicher Sprachkanal sind über eine Schnittstelle mit einer Telekommunikations-Übertragungsstrecke verbunden. Die Beobachtungsstation beinhaltet einen Empfänger, einen Monitor für die wiederzugebenden Bilder, eine Vorrichtung zur Erzeugung der Steuerbefehle für das Mikroskop und einen Sender für diese Steuerbefehle. Der Beobachter bzw. Experte, z. B. ein entsprechender Rechner oder ein Pathologe, kann dann das übertragene Mikroskopbild auswerten. Sender und Empfänger sowie ein Sprachkanal sind wiederum über eine geeignete Schnittstelle mit derselben Telekommunikations-Übertragungsstrecke wie das Bildaufnahmesystem verbunden.

Wenn die Telekommunikations-Übertragungsstrecke eine für die Übertragung eines Fernsehsignals ausreichende Bandbreite besitzt, kann der Beobachter an der Beobachtungsstation alle Funktionen des räumlich entfernt angeordneten Mikroskopes so nutzen, als ob dieses sich an seinem Arbeitsplatz befinden würde. Ein solches Telepathologiesystem mit Breitband-Datenübertragung ist in der Patentschrift US 5.216.596 beschrieben. Allerdings sind Breitbandtelekommunikationskanäle für Fernsehsignale vergleichsweise kostspielig und nur beschränkt verfügbar. Es wurde deshalb bereits vorgeschlagen, Telemikroskopie über die weltweit und preiswert verfügbaren Schmalbandkanäle der Fernsprechnetze zu betreiben. Eine Anlage mit derartiger Schmalband-Technologie unter Verwendung des ISDN-Netzes wird in dem Aufsatz M. Oberholzer et al, Telepathologie: frozen section diagnosis at a distance (1995), 426, Seite 3 beschrieben. Die beschränkte Kanalkapazität bildet jedoch einen Engpaß für die Übertragung der Bildinformation, so daß der Online-Eindruck für den Benutzer verloren gehen kann und er statt einer bewegten Bildszene lediglich eine langsam aufeinanderfolgende Reihe von Einzelbildern erhält. Dadurch geht dem Benutzer auch der unmittelbare Eindruck der Wirkung seiner Mikroskopsteuerbefehle verloren, da deren Auswirkung für ihn erst mit größerer Verzögerung und im Zusammenhang verändert sichtbar wird. Die Verwendung der Techniken der Videotelefonie erlaubt lediglich die Übertragung von in der Bildqualität für die

meisten der hier betrachteten Anwendungen, wie Telemikroskopie, Teleendoskopie und Telesonografie, ungenügenden Bildszenen.

Es wurden auch bereits einige Maßnahmen zur ökonomischen Verwendung von ISDN-Kanälen für Schmalband-Telemikroskopiesysteme vorgeschlagen, wie z. B. den Einsatz eines speziellen Autofokussystems und die Verwendung einer für das jeweilige System fest vorgegebenen, angepaßten Art der Komprimierung und Reduktion der zu Übertragenden Bilddaten während deren Codierung, siehe die Aufsätze P. Schwarzmann, Telemikroskopie, Zentralbl. Pathol. 138, (1992) 6, Seite 383 und P. Schwarzmann et al, Telemikroskopie Stations for Telepathology Based on Broadband and ISDN Connections, 1995, 43, Nr. 4, Seite 209.

In einem vom Institut für physikalische Elektronik der Universität Stuttgart und der Deutschen Telekom AG gemeinsam 1995 herausgegebenen Informationsblatt über das Szenario für die Anwendung der Telepathologie in der Schnellschnittdiagnose wird vorgeschlagen, die beschränkte Kapazität bei der Schmalband-Telemikroskopie über das bestehende ISDN-Netz dadurch in einer optimierten Form zu nutzen, daß das System abhängig vom Verhalten des Benutzers, d. h. des Beobachters an der Beobachtungsstation, unterschiedliche Strategien zur Bilddatenkompression und -reduktion einschlägt, z. B. Auswahl einer stärkeren Datenreduktion hinsichtlich Farbe, Ortsauflösung und Quantisierung der Bilddaten bei Anforderung einer erhöhten Anzahl von Bildübertragungen pro Zeiteinheit aufgrund rascherer Verschiebung des Objektes unter dem Mikroskop.

In der Offenlegungsschrift WO 94/03014 ist ein Video-Sicherheitsüberwachungssystem beschrieben, bei dem ein bestimmtes Gebiet von einer Videokamera überwacht wird, deren aufgenommene Bilder zu einer räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation übertragen werden. Der Systemnutzer kann an der Beobachtungsstation Steuerbefehle für den die Videokamera beinhaltenden Bildaufnahmeteil des Systems eingeben, um diverse Kameraeinstellungen vorzunehmen. Die Datenübertragung erfolgt über einen ISDN-Kommunikationskanal, wobei auch eine Bilddatenkompression verwendet wird. Dabei schaltet das System selbstständig von einem Kompressionsverfahren niedrigerer Qualität auf ein solches höherer Qualität um, wenn in einem mittleren Bereich des aufgenommenen Bildes eine Objektbewegung festgestellt wird.

Die variable Wahl der Bilddatenkompression in Abhängigkeit vom Bildinhalt ist für ein Endoskopbildaufnahmesystem in der Patentschrift US 5.331.551 offenbart.

Es ist des weiteren bekannt, eine Bilddatenkompression und/oder -reduktion in Anpassung an die jeweils gewünschte Bildauflösung vorzunehmen, siehe z. B. die Veröffentlichungen E. A. Riskin et al, Variable Rate Vector Quantization for Medical Image Compression, Band 9, Nr. 3, September 1990, Seite 290 und G. Bock, Bildtelefon im ISDN, Bosch Techn. Berichte 8 (1986/87/89) 6, Seite 296. Neben der letztgenannten Veröffentlichung sind auch in den weiteren Veröffentlichungen S. Heuser, Multimedia durch das Telefon, Elektronik 8/1995, Seite 52 und S. Heuser, Video über Telefon, Funkschau 17/95, Seite 38 verschiedene Varianten der Videotelefonie beschrieben.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer bildübertragenden Objektfernuntersuchungseinrichtung der eingangs genannten Art zugrunde, die sich in ihrem Übertragungsverhalten sehr

flexibel und variabel selbsttätig an die jeweilige Situation so anzupassen vermag, daß von den vorhandenen Schmalband-Datenübertragungskapazitäten stets optimaler Gebrauch gemacht wird.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer bildübertragenden Objektfernuntersuchungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, 2, 3 oder 4. Diese Einrichtung beinhaltet eine Systemzustandsbestimmungseinheit, die laufend den gesamten bildübertragungsrelevanten Systemzustand einschließlich der jeweils verfügbaren Systemressourcen erfaßt und abhängig davon den Vorgang der Bilddatenkompression und/oder Bilddatenreduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel verwendeten Kanälen der Übertragungsstrecke selbsttätig so steuert, daß sowohl die für eine jeweilige Situation wünschenswerte Bildqualität erhalten als auch ein jeweils noch für die betreffende Situation bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt werden. Damit vermag sich die Einrichtung flexibel und variabel hinsichtlich der Bildübertragung an den jeweils vorhandenen Systemzustand anzupassen. Zu diesem bildübertragungsrelevanten, von der Systemzustandsbestimmungseinheit überwachten Systemzustand gehören je nach Systemauslegung neben dem Benutzerverhalten, d. h. den vom Beobachter eingegebenen Steuerbefehlen für das Bildaufnahmesystem, insbesondere der Istzustand hinsichtlich der Anzahl aufgeschalteter Einzelkanäle des Telekommunikationskanalbündels, die Art des verwendeten Telekommunikationsnetzes, der Zustand der die Bilddatenkompression und/oder -reduktion vornehmenden Codiereinheit, der Typ der verwendeten Bildaufnahmeeinrichtung und der jeweilige Bildinhalt.

Trotz Schmalband-Telekommunikationsverbindung zwischen Bildaufnahmesystem und Beobachtungsstation vermag damit die erfindungsgemäße Einrichtung für den Benutzer den Eindruck eines Online- bzw. Echtzeit-Betriebes bei hoher Bildqualität aufrechtzuerhalten. Sie eignet sich für verschiedene Arten von Objektfernuntersuchungen, z. B. Werkstoffprüfungen aus der Ferne, Telemikroskopie, Teleendoskopie und Telesonografie, je nach untersuchtem Objekt und verwendetem Bildaufnahmesystem. Bei Verwendung der Einrichtung als Telemikroskopiesystem in der Telepathologie wird dem Pathologen ein Werkzeug an die Hand gegeben, mit dem er Telepathologie mit einem hohen Grad von Telepräsenz betreiben kann.

Die Einrichtung nach Anspruch 1 ermöglicht die Erzielung eines guten Online-Eindrucks in Form eines Bewegungseindrucks von übertragenen, bewegten Bildszenen speziell dadurch, daß in groben Schritten Einzelbilder übertragen werden, die sich noch teilweise überlappen, und in der Beobachtungsstation anschließend interpolierende Zwischenbilder generiert und nacheinander zur Anzeige gebracht werden, und/oder dadurch, daß während einer solchen Bildbewegung in aufeinanderfolgenden Schritten nicht jeweils das gesamte Einzelbild, sondern nur diejenigen Bildbereiche übertragen werden, die gegenüber dem vorangegangenen Einzelbild neu hinzugekommen sind. Diese Bildbereiche werden dann in der Beobachtungsstation an das vorige Einzelbild zur Erzeugung des neuen Einzelbildes angefügt.

Bei der Einrichtung nach Anspruch 2 wird speziell der Beschäftigungszustand derselben, d. h. deren Übertragungsstreckenauslastung und Systemaktivität, mittels Krafrückwirkung auf ein zugehöriges Bedienelement angezeigt und damit für den Systemnutzer an der Beobachtungsstation direkt erfassbar.

Bei der Einrichtung nach Anspruch 3 besteht speziell die Möglichkeit der prophylaktischen Übertragung von Bildszenen, die nach Vorausschätzung durch das System zu einem späteren Zeitpunkt benötigt werden, in Zeitpunkten mit ungenutzter Übertragungskapazität. Dazu enthält die Einrichtung einen Prädiktor für die wahrscheinliche Fortsetzung der Objektfernuntersuchung, der z. B. aus den Orten bislang übertragener Objektgebiete auf die Orte der nächsten Bildübertragungen schließt, beispielsweise durch entsprechende Verlängerung der Spur der zuletzt übertragenen Gebiete.

Bei der Einrichtung nach Anspruch 4 ist für die Bildwiedergabe an der Beobachtungsstation speziell ein Darstellungswerkzeug vorgesehen, mit dem ein Gesamtbild auf einem separaten Bildschirm oder in Form eines eingeblendeten Fensters auf dem für die Detailbilder verwendeten Bildschirm dargestellt werden kann, wobei eine Markierungsfläche variabler Größe die Position des aktuellen Gesichtsfeldes der Bildaufnahmeeinrichtung angibt. Gegebenenfalls können bereits verwendete Positionen der Markierungsfläche im Gesamtbild markiert bleiben, um Doppeluntersuchungen zu vermeiden.

Bei einer nach Anspruch 5 weitergebildeten Einrichtung werden die Parameter zur Bilddatenkompression und/oder -reduktion unter anderem in Abhängigkeit vom Bildinhalt und der gewählten Bildvergrößerung eingestellt. So können z. B. wenig strukturierte, hochvergrößerte Bilder gegebenenfalls mit höherer Bildübertragungsrate und geringerer Bildauflösung übertragen werden als stark strukturierte Bilder geringerer Vergrößerung.

Eine nach Anspruch 6 weitergebildeten Einrichtung verwendet als Übertragungsstrecke ein Telekommunikationskanalbündel, bei dem die Anzahl jeweils verwendeter Kanäle abhängig vom erfaßten Systemzustand eingestellt wird und wobei die Kanallaufzeiten automatisch kompensiert werden. Letzteres ist deshalb von Bedeutung, weil der Benutzer selbst im allgemeinen keine Kontrolle darüber hat, auf welchen Wegen die einzelnen Kommunikationskanäle, z. B. Fernsprechanäle, durchgeschaltet werden. Die ISDN-Netztechnologie hat sich für eine derartige Bündellösung als besonders geeignet erwiesen.

Bei einer nach Anspruch 7 weitergebildeten Einrichtung verfügt das Bildaufnahmesystem über eine Autofokuseinrichtung, deren Funktion über eine Mehrzahl von Steuerparametern systemzustandsabhängig gesteuert wird. Dadurch läßt sich die Übertragung von nur für die Bildfokussierung notwendigen, meist erheblichen Bilddatenmengen vermeiden. Die Steuerung der Autofokuseinrichtung kann wahlweise interaktiv oder selbsttätig vom System erfolgen.

Eine nach Anspruch 8 weitergebildete Einrichtung beinhaltet eine selbsttätige Helligkeitssteuerung auf Seiten des Bildaufnahmesystems, die wahlweise automatisch oder interaktiv aktivierbar ist. Auch durch eine derartige Helligkeitskontrolle kann die Übertragung von für die Bildauswertung redundanter Bildinformation vermieden werden, so daß sich der Online-Eindruck der übertragenen Bilder erhöhen läßt.

Eine nach Anspruch 9 weitergebildete Einrichtung enthält als Bedieneinheit für den Beobachter an der Beobachtungsstation ein Phantom, d. h. eine Nachbildung, der im Bildaufnahmesystem verwendeten Bildaufnahmeeinrichtung derart, daß Betätigungen des Beobachters an dem Phantom erfaßt und in Steuerbefehle zur entsprechenden Einstellung der realen Bildaufnahme-

einrichtung umgesetzt werden.

Eine nach Anspruch 10 weitergebildete Einrichtung bietet die Möglichkeit der Archivierung von ausgewählten Bildszenen.

Eine nach Anspruch 11 weitergebildete Einrichtung besitzt die Fähigkeit, daß anhand der zuvor abgespeicherten Archivierungsdaten eine bestimmte, gewünschte Bildszene durch entsprechende Ansteuerung des Bildaufnahmesystems rasch wieder aufgesucht und dargestellt werden kann. Dies ist z. B. nützlich, wenn zunächst eine Voruntersuchung stattfindet und erst anschließend eine endgültige Auswertung anhand ausgewählter Bildszenen vorgenommen wird. Dabei kann vorgesehen sein, daß der Beobachter mit der Markierungsfläche einen bestimmten Bereich im Übersichtsbild anfährt, der dann in vergrößertem Maßstab dargestellt wird, wodurch die Einrichtung eine für den Benutzer bequeme Lupenfunktion erfüllt.

Bei einer nach Anspruch 12 weitergebildeten Einrichtung besteht die Möglichkeit, kleine, auswählbare Bildbereiche eines Gesamtbildes in Echtzeit mit höchster Bildqualität zu übertragen, wofür die Kapazität der Schmalband-Übertragungsstrecke im allgemeinen ausreicht.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Telemikroskopieanlage mit schmalbandiger Telekommunikationskanal-Übertragungsstrecke,

Fig. 2 eine Bildfolge zur Veranschaulichung eines ersten Verfahrens zur Vermittlung eines Bewegungseindrucks bei der Telemikroskopieanlage von Fig. 1,

Fig. 3 eine Bildfolge zur Veranschaulichung eines zweiten Verfahrens zur Vermittlung eines Bewegungseindrucks bei der Telemikroskopieanlage von Fig. 1,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer mechanischen Bedienelement-Kraftrückführung für die Telemikroskopieanlage von Fig. 1,

Fig. 5 ein Flußdiagramm eines Hintergrund-Bildübertragungsverfahrens der Telemikroskopieanlage von Fig. 1 und

Fig. 6 eine schematische Bildschirmdarstellung zur Veranschaulichung eines Verfahrens für die Untersuchungsbereichsmarkierung bei der Telemikroskopieanlage von Fig. 1.

Fig. 1 zeigt blockdiagrammatisch den Aufbau einer bildübertragenden Objektfernuntersuchungseinrichtung in Form einer beispielsweise zur Telepathologie verwendbaren Telemikroskopieanlage. Die Anlage beinhaltet mit ihrer einen Hälfte ein Bildaufnahmesystem in Form einer Mikroskopstation und mit ihrer anderen Hälfte eine vom Ort der Mikroskopstation entfernt angeordnete Beobachtungsstation, wo sich der Beobachter, z. B. ein Pathologe und/oder ein Bildauswertungsrechner, befindet.

Die Mikroskopstation enthält ein übliches, in all seinen Funktionen fernsteuerbares Mikroskop 1a mit zugehöriger Mikroskopsteuerung 1b, eine das Mikroskopgesichtsfeld aufnehmende Bildaufnahmeeinrichtung 2, eine Bilddatencodiereinrichtung 14, welche die von der Bildaufnahmeeinrichtung 2 zugeführten Bilddaten unter Verwendung herkömmlicher Verfahren zur Bilddatenkompression und Bilddatenreduktion codiert, einen Sender 3 und eine nachfolgende Schnittstelle 36, welche die vom Sender 3 zugeleiteten, codierten Bilddaten von der Mikroskopstation nach außen gibt. An diese Schnittstelle 36 ist zudem ein Sprachkanal 5 in Form

eines Fernsprechkanales der Mikroskopstation angeschlossen. Eine Autofokuseinrichtung 19 dient zur selbsttätigen Fokussierung des Mikroskops 1a durch Abgabe entsprechender Fokussierbefehle an die Mikroskopsteuerung 1b. Eine Helligkeitssteuereinheit 20 sorgt für eine selbsttätige Helligkeitssteuerung, wozu ihr die Bilddaten der Bildaufnahmeeinrichtung 2 zugeführt werden und sie entsprechende Helligkeitssteuerbefehle an die Mikroskopsteuerung 1b abgibt. Über die Schnittstelle 36 der Mikroskopstation zugeführte Daten werden von einer Send-/Empfängereinheit 4 erfaßt, die sie an die jeweiligen Zielkomponenten weiterleitet. Gleichzeitig dient sie als Sender zur Abgabe von Zustandsinformationen aus der Mikroskopsteuerung 1b und der Codiereinrichtung 14 zur Beobachtungsstation, wozu er mit diesen beiden Einheiten 14, 1b über bidirektionale Signalleitungen verbunden ist.

Die Beobachtungsstation enthält einen Bilddatenempfänger 8 mit einem nachgeschalteten Bildwiedergabemonitor 9, wobei der Empfänger 8 über eine Bildübertragungskontrolleinheit 30 an eine Schnittstelle 37 angeschlossen ist, über welche die Beobachtungsstation Daten sendet und empfängt. Wie die Mikroskopstation besitzt auch die Beobachtungsstation einen an ihre Schnittstelle 37 angeschlossenen Fernsprechkanal 13. Des weiteren weist die Beobachtungsstation eine Bedieneinheit 10 auf, welche als Benutzerschnittstelle fungiert. Wie von herkömmlichen Telemikroskopieanlagen bekannt, kann der Benutzer durch Eingabe entsprechender Steuerbefehle an der Bedieneinheit 10 das räumlich entfernte Mikroskop 1a in seinen sämtlichen Funktionen zur Untersuchung eines unter dem Mikroskop 1a liegenden Objektes 43 bzw. Präparates steuern, z. B. hinsichtlich der Verschiebewebungen des Mikroskoptisches und der Wahl des jeweiligen Objektivs zur Einstellung unterschiedlicher Vergrößerungen. Die Steuerbefehle gelangen zum einen über eine Sender-/Empfängereinheit 11 zur Schnittstelle 37 und zum anderen zu einer Anforderungsbestimmungseinheit 15, welche die abgegebenen Steuerbefehle zur Analyse des Benutzerverhaltens als eines Parameters des Systemzustands der Anlage auswertet. Die Anforderungsbestimmungseinheit 15 gibt ebenso wie die Bildübertragungskontrolleinheit 30 Signale an eine Kontrollanzeigeeinheit der Beobachtungsstation ab, die aus einem Kontrollbildschirm 28 und einem Lautsprecher 29 besteht und die des weiteren direkt mit der Bedieneinheit 10 verbunden ist. Dem Kontrollbildschirm 28 sind außerdem die vom Empfänger 8 empfangenen Bilddaten zuführbar.

Als weitere, wesentliche Komponente beinhaltet die Anlage eine vorliegend beispielhaft in der Beobachtungsstation angeordnete Systemzustandsbestimmungseinheit 42, die von der Anforderungsbestimmungseinheit 15 Informationssignale über das Verhalten des Benutzers an der Bedieneinheit 10 und über die Empfangsfunktion der Sender-/Empfängereinheit 11 die Systemzustandsinformationen von der Mikroskopstation erhält, wie sie dort speziell von der Mikroskopsteuerung 1b und der Codiereinrichtung 14 über die dortige Sender-/Empfängereinheit 4 abgegeben werden.

Mikroskopstation und Beobachtungsstation kommunizieren miteinander über eine virtuelle Teleskopiemikroskopieeinrichtung, die in Fig. 1 durch den Bereich zwischen den beiden gestrichelten Linien 34, 35 zuzüglich der beiden Schnittstellen 36, 37 von Mikroskopstation einerseits und Beobachtungsstation andererseits wiedergegeben ist und einen universellen Befehlsatz für

Steuerbefehle, ein geeignetes Bildübertragungsprotokoll sowie eine jeweilige Schnittstelle 6, 12 zu einem zwischenliegenden, als Übertragungsstrecke fungierenden Telekommunikationskanalbündel 7 aufweist, das aus einer zeitlich variablen Anzahl von schmalbandigen Telekommunikations-Einzelkanälen aufgebaut ist. Die virtuelle Telemikroskopieeinrichtung dient dazu, jede beliebige von mehreren möglichen Mikroskopiestationen mit jeder beliebigen von mehreren möglichen Beobachtungsstationen ohne größere Anpassungsmaßnahmen miteinander zwecks Datenaustausch verbinden zu können. Um die jeweils gewünschte Anzahl von Einzelkanälen für das Kanalbündel 7 einstellen zu können, beinhalten die beiden endseitigen Kommunikationskanalschnittstellen 6, 12 eine jeweilige Kanalwahleinheit 18, 17, wobei die auf Seiten der Mikroskopstation gelegene Kanalwahleinheit 18 von deren Sender-/Empfängereinheit 4 angesteuert wird, während die andere Kanalwahleinheit 17 von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 angesteuert wird. Zur Erfassung des Systemzustands erhält die Systemzustandsbestimmungseinheit 42 von der beobachtungsstationseitigen Kommunikationskanal-Schnittstelle 12 eine Information über die Anzahl jeweils zugeschalteter Einzelkanäle.

Das Charakteristische der Telemikroskopanlage von Fig. 1 ist insbesondere darin zu sehen, daß durch die Systemzustandsbestimmungseinheit 42 laufend der Systemzustand einschließlich der Verfügbarkeit der Systemressourcen festgestellt und in Abhängigkeit davon zum einen die jeweilige Anzahl von einem Übertragungskanalbündel 1 zusammengefaßten Einzelkanälen der Übertragungsstrecke 7 zwischen Mikroskopstation und Beobachtungsstation festgelegt wird und zum anderen die Parameter für die Bilddatenkompression und -reduktion in der Codiereinheit 14 passend eingestellt werden. Die den Systemzustand beeinflussenden Parameter sind insbesondere das von der Anforderungseinheit 15 über die vorgenommenen Betätigungen an der Bedieneinheit 10 erfaßte Benutzerverhalten, der Istzustand der zum Übertragungsbündel zusammengefaßten Anzahl von Einzelkanälen, die Art der verwendeten Übertragungsstrecke 7, der Istzustand der Codiereinheit 14, der verwendete Typ von Mikroskop 1a und Bildaufnahmeeinrichtung 2 sowie der jeweilige Bildinhalt. All diese Informationen werden von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 von den betreffenden Anlagekomponenten abgefragt. Die Anzahl von Übertragungskanälen und die Art der Bilddatenkompression und -reduktion werden dann von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 jeweils so eingestellt, daß trotz Verwendung von Schmalband-Übertragungskanälen ein möglichst guter Online-Eindruck für das am Monitor 9 wiedergegebene Bild von einem jeweils unter dem Mikroskop liegenden Objekt 43 bei für jede Situation ausreichend gewählter Bildqualität aufrechterhalten wird. Hierzu sind für die Telemikroskopanlage von Fig. 1 eine Anzahl spezieller Vorgehensweisen vorgesehen, auf die nachfolgend im einzelnen näher eingegangen wird.

Ein wichtiger Punkt ist die systemzustandsabhängige Bilddatenkompression und -reduktion in der Codiereinheit 14. Um die wegen der Schmalbandigkeit beschränkte Übertragungskanalkapazität für die Bildübertragung optimal zu nutzen, wird die Bildinformation von der Codiereinheit 14 in jedem Falle komprimiert und so weit wie für die jeweilige Anwendung zulässig auch reduziert. Da der Benutzer während seiner Arbeit an

der Telemikroskopanlage unterschiedliche Anforderungen an die Bildauflösung, die Bildübertragungsrate und die Bildgröße des Mikroskopbildes stellt, wäre ein fest eingestelltes Bildkompressions- und Bildreduktionsverfahren unkomfortabel. Deshalb benutzt die Telemikroskopanlage eine systemzustandsabhängig variable Bilddatenkompression und -reduktion. Abhängig vom Systemzustand, wie er durch die Systemzustandsbestimmungseinheit 42 laufend festgestellt wird, insbesondere abhängig von den über die Anforderungsbestimmungseinheit festgestellten Anforderungen des Benutzers an das System, wird der jeweils beste Kompromiß zwischen Bildübertragungsrate und Bildauflösung bestimmt und an der Codiereinheit 14 vom System selbsttätig eingestellt. Hierzu sendet die Systemzustandsbestimmungseinheit 42 über die Sender-/Empfängereinheit 11 und die Übertragungsstrecke 7 entsprechende Codiersteuersignale zur Mikroskopstation, die dort von der Sender-/Empfängereinheit 4 empfangen und zur Codiereinheit 14 weitergeleitet werden.

Zeigt der Benutzer beispielsweise durch häufiges und rasches, ferngesteuertes Bewegen des Präparates 43 unter dem Mikroskop 1a oder durch akustische Eingabesignale an, daß er Präparatbereiche rasch in einer Übersicht durchmustern will, so stellt das System die hierfür erforderliche hohe Bildrate ein, während die Bildauflösung zurückgenommen werden kann. Umgekehrt interpretiert das System ein längeres Verweilen an demselben Präparatbereich dahingehend, daß dieser Bereich mit hoher örtlicher Auflösung und dafür kleinerer Bildrate genauer untersucht werden soll, wozu wiederum die Codierungsart geeignet eingestellt wird. Die solchermaßen aus dem Benutzerverhalten sowie den übrigen Systemzustandsparametern abgeleiteten Anforderungen an die Bildcodierung dienen zur Steuerung der Betriebseigenschaften der Codiereinheit 14 hinsichtlich lateraler Bildauflösung, Farbauflösung und zeitlicher Auflösung in Form der Bildübertragungsrate. Es können dabei alle Zustände von höchster Auflösung bei minimaler Bildrate bis zu sehr kleiner Auflösung bzw. kleinem Bildfeld bei Fernsehbilddate in beliebigen Schritten automatisch eingestellt werden. Die Codiereinstellungen erfolgen völlig selbsttätig und erfordern vom Benutzer keine Aktivitäten, die ihn von seiner eigentlichen Untersuchungstätigkeit ablenken könnten. Als Codierverfahren sind herkömmliche Verfahren verwendbar, sofern sie einen Eingriff in ihre Betriebsweise mit dem Ziel der erläuterten Einstellung eines Kompromisses zwischen Bildübertragungsrate und Bildauflösung gestatten, wie dies z. B. bei den unter den Abkürzungen JPEG und MPEG geläufigen Codierverfahren der Fall ist. Diese Art der variablen und flexiblen Bilddatenkompression und -reduktion führt zu einer sehr ökonomischen Ausnutzung der Übertragungskanalkapazität und zu einem situationsabhängig bestmöglichen Online-Eindruck der übertragenen Bildsequenzen.

Eine weitere Maßnahme zur optimalen Ausnutzung der Übertragungskapazität der Schmalband-Übertragungsstrecke 7 mit möglichst gutem Online-Eindruck der übertragenen Bildsequenzen ist die automatische Bündelung einer jeweiligen, variablen Anzahl schmalbandiger Einzelkanäle. Dies ist problemlos und kostengünstig beispielsweise bei Verwendung des öffentlichen Fernsprechnetzes als Übertragungsstrecke realisierbar, da dort unter Umständen bei Nebenstellenanlagen schon mehrere Einzelkanäle verfügbar sind oder andernfalls leicht zusätzliche Anschlüsse geschaltet werden können. Abhängig vom Systemzustand bestimmt

die Systemzustandsbestimmungseinheit 42 die jeweils optimale Anzahl von zu einem Übertragungsbündel zusammengefaßten Einzelkanälen und gibt entsprechende Steuerbefehle für die Kanalwahleinheiten 17, 18 ab, wobei sie die beobachtungsstationseitige Kanalwahleinheit 17 über eine Steuerleitung 16 direkt ansteuert. Die Steuerbefehle für die andere Kanalwahleinheit 18 werden über die beobachtungsstationseitige Sender-/Empfängereinheit 11 und die anschließende Schnittstelle 37 auf die Übertragungsstrecke 7 gegeben und von dieser zur Mikroskopstation übertragen, wo sie von der dortigen Sender-/Empfängereinheit 4 aufgenommen und zur Steuerung der betreffenden Kanalwahleinheit 18 verwendet werden. Alternativ kann die Schnittstelle 6 so ausgelegt sein, daß sie die an der Gegenseite 12 eingestellte Kanalbelegung aus dem Datenstrom entnimmt, so daß die Ansteuerung über die Sender-/Empfängereinheit 4 entfallen kann.

Damit wird eine automatische Zuwahl oder Abwahl von jeweiligen Einzelkanälen realisiert, wobei das zu übertragende Signal geeignet aufgeteilt und auf die verschiedenen Kanäle verteilt wird. Eine solche Signalaufteilung ist auf anderen Gebieten der Datenübertragung bekannt, so daß hierauf nicht näher eingegangen zu werden braucht. Bei dieser Technik ist darauf zu achten, daß empfangenseitig die Signale der Einzelkanäle wieder zeitrichtig zusammengesetzt werden. Dies ist ein nicht trivialer Steuerungsvorgang, da der Benutzer keine Kontrolle darüber hat, auf welchen Wegen die einzelnen Fernsprechanäle durchgeschaltet werden. Dies kann beispielsweise im einen Fall über eine terrestrische Verbindung und im anderen Fall über eine Satellitenverbindung geschehen. Die ISDN-Netztechnologie hat sich für den vorliegenden Anwendungsfall als besonders geeignet zur Realisierung einer derartigen Kanalbündelung erwiesen.

Durch die Verwendung der Autofokuseinrichtung 19 läßt sich Bildübertragungskapazität einsparen, die ansonsten für Fokussierzwecke benötigt würde. Denn um interaktiv eine Mikroskopszene zu fokussieren, ist die Übertragung sehr vieler, in Fokusnähe auch sehr hoch aufgelöster Bilder mit entsprechendem Signalaufkommen notwendig. Diese für die eigentliche Auswertung der Mikroskopbildszene nicht relevante Übertragung von Bilddaten wird durch die Autofokuseinrichtung 19 vermieden, die sich automatisch bei Anforderung eines neuen Bildausschnittes oder einer anderen Vergrößerung aktiviert oder deren Parameter von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 systemzustandsabhängig eingestellt werden können. Als Autofokuseinrichtung 19 kann eine solche verwendet werden, wie sie in der Offenlegungsschrift DE 42 26 523 A1 offenbart ist, worauf hier verwiesen werden kann.

Analog zu dieser selbsttätigen Fokussierung verfügt die Telemikroskopanlage über eine Helligkeitssteuerung 20, die wahlweise automatisch oder systemzustandsabhängig von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 gesteuert wird, wozu letztere entsprechende Steuerbefehle an die Helligkeitssteuereinheit 20 übermittelt. Auch diese automatische Helligkeitssteuerung vermeidet die Übertragung von für die Auswertung redundanter Bildinformation und erlaubt damit wiederum eine verbesserte Nutzung der Übertragungskapazitäten zur Erzielung eines möglichst guten Online-Eindrucks der am Monitor 9 wiedergegebenen Bildsequenzen.

Die Telemikroskopanlage erlaubt des weiteren die Vermittlung des Bewegungseindrucks eines unter dem Mikroskop 1a bewegten Präparates 43 für die am Moni-

tor 9 dargestellten Bildsequenzen, indem für solche bewegten Bildsequenzen ein Online-Eindruck erzeugt wird, wofür zwei verschiedene Vorgehensweisen in Betracht kommen. Vorauszuschicken ist dabei, daß die Beobachtung der Präparatbewegung unter dem Mikroskop 1a häufig ein wichtiges Orientierungshilfsmittel für den Benutzer darstellt, gerade auch in der Telepathologie, und bei Schmalband-Übertragungsstrecken ein solcher bewegter Bildeindruck in Echtzeit durch permanente Online-Übertragung des Mikroskopgesichtsfeldes wegen der beschränkten Übertragungskapazitäten unmöglich ist.

Eine erste Vorgehensweise zur Bewegungseindruckvermittlung ist in Fig. 2 veranschaulicht. Bei diesem Verfahren wartet der Bilddatensender 3 nach benutzerseitiger Anforderung einer Präparatbewegung jeweils nach Übertragung eines Bildes 21 so lange mit der Übertragung eines nächsten Bildes 22, bis eine genügend große Präparatbewegung stattgefunden hat, was durch entsprechende Verschiebungsschwellwerte festgelegt wird. Diese sind so gewählt, daß das nächste Übertragene Bild 22 zumindest noch teilweise mit dem zuvor übertragenen Bild 21 überlappt, wie in Fig. 2 oben durch einen schraffierten Überlappungsbereich ü dargestellt. Auf Seiten der Beobachtungsstation, d. h. in einem dem Bildwiedergabemonitor 9 zugeordneten Rechner, wird dann durch gleichmäßige Interpolation eine vorgebbare Anzahl von Zwischenbildern 23a, 23b, ..., 23n mit jeweils gleichmäßiger gegenseitiger Verschiebung generiert und dem Betrachter fortlaufend nacheinander zwischen den beiden übertragenen Einzelbildern 21, 22 vorgeführt. Der Beobachter bekommt somit den Eindruck einer gleichmäßigen Präparatbewegung, die lediglich gegenüber der Bewegungsanforderung zeitlich etwas verzögert ist. Dafür brauchen nur die beiden endseitigen Einzelbilder 21, 22 der gesamten Bildsequenz gemäß Fig. 2 übertragen zu werden, während die in Fig. 2 unten dargestellten Zwischenbilder 23a, ..., 23n erst auf Seiten der Beobachtungsstation generiert werden und daher keine Übertragungskapazität beanspruchen.

Eine zweite mögliche Vorgehensweise zur Bewegungseindruckvermittlung trotz schmalbandiger Übertragungsstrecke 7 ist in Fig. 3 veranschaulicht. Bei diesem Verfahren werden bei einer Präparatbewegung, wie in Fig. 3 durch einen Bewegungspfeil 24 veranschaulicht, in mehreren Schritten jeweils nur die neu in das Gesichtsfeld hereintretenden Bildbereiche 25 übertragen, welche diejenigen Bereiche des aktuellen Gesichtsfeldes 45a darstellen, die nicht mit dem Gesichtsfeld 45b des vorangegangenen Schrittes überlappen. Da die Fläche der jeweils neu hinzukommenden Bildbereiche 25 deutlich kleiner als die Gesamtfläche des Mikroskopgesichtsfeldes ist, ergibt sich eine entsprechende Reduktion der zu übertragenden Bilddatenmenge. Auf Seiten der Beobachtungsstation werden dann die übertragenen Bildbereiche 25 an das bestehende Bild angefügt, welches zuvor entsprechend verschoben wurde, wie mit dem Verschiebungspfeil 26 in Fig. 3 dargestellt. Bei diesem Verfahren ist die zeitliche Verzögerung zwischen Bewegungsanforderung und Reaktion auf dem Monitor 9 der Beobachtungsstation im Vergleich zum erstgenannten Verfahren geringer, dafür ist die Bewegungsgeschwindigkeit des Präparates etwas mehr eingeschränkt.

Die Parameter beider Verfahren können jeweils vollautomatisch vom System eingestellt werden, indem dieses über die Anforderungsbestimmungseinheit 15 die

vom Benutzer angeforderte Präparatbewegung erfaßt. Die Bildmontage kann so erfolgen, daß der Beobachter keinerlei Störungen im Stoßstellenbereich 27 zweier aufeinanderfolgender Bilder, wie er in Fig. 3 schraffiert angedeutet ist, wahrnimmt, was dadurch bewirkt wird, daß ein kleiner Überlappungsbereich aufeinanderfolgender Bilder dazu benutzt wird, eine Korrelationsanalyse durchzuführen und daraus die genaue Anstückelung zu bestimmen. Da Größe und Richtung der Bewegungsanforderung dem System über die Anforderungsbestimmungseinheit 15 bekannt sind, ist ihm auch die ungefähre Lage der aufeinanderfolgenden Bilder bekannt, so daß die Korrelationsanalyse nur noch kleinere Korrekturen zu liefern hat. Dies stellt folglich eine Mischung aus Vorabwissen und Auswertung von Bildinformation dar. Das System kann abhängig vom erfaßten Benutzerverhalten eine jeweils passende Bildfolgestrategie auswählen, die von der Bewegung um einzelne Spalten oder Zeilen bis zu ganzen Bildern reichen kann. Damit wird die zeitaufwendige und unnötige Übertragung redundanter Bildinformation verhindert.

Die Codiereinheit 14 ist so ausgelegt, daß sie die Bildqualität nach vorgegebenen Maßen bestimmt und an den Sender 3 zur Benutzung weitergibt. Dabei werden Qualitätsmaße verwendet, welche die örtliche Auflösung, die Farbtreue und den Kontrast betreffen und dazu dienen, das Ausmaß eventueller Bildverschlechterungen durch Datenreduktion quantitativ und damit zum einen die Information des Bildinhaltes und zum anderen den für einen menschlichen Beobachter sichtbaren Bildqualitätsverlust beurteilen zu können. Eine solche Beurteilung kann auch vorgenommen werden, wenn statt des menschlichen Beobachters eine rechnergestützte Bildauswertung vorgesehen ist. Die mit diesen Bildqualitätsmaßen möglichen Quantifizierungen erlauben eine systematische Optimierung der Systemparameter und die Ermittlung optimaler Kompromisse zwischen Benutzeranforderungen und Systembegrenzungen.

Die Gestaltung der als Benutzerschnittstelle dienenden Bedieneinheit 10 ist nach dem Gesichtspunkt gewählt, das System effektiv interaktiv unter Berücksichtigung der Tatsache nutzen zu können, daß der Bilddatendurchsatz und damit die effektiv mögliche Arbeitsgeschwindigkeit durch den Engpaß der Übertragungsstrecke 7 bestimmt ist. Für eine solche Gestaltung gibt es verschiedene Alternativen. Vorzugsweise zeigt die Bedieneinheit 10 dem Beobachter in ergonomisch geeigneter Weise den Systembelastungszustand und limitierende Faktoren an, damit dieser sein Verhalten passend danach ausrichten kann.

Eine Gestaltungsmöglichkeit besteht darin, nach Anforderung einer Mikroskopsteuerungsaktion über die Bedieneinheit 10 durch den Benutzer letzterem auf dem zugeordneten Kontrollbildschirm 28 und/oder dem angekoppelten Lautsprecher 29 jeweils das Ende einer auf diese Anforderung hin erfolgten Bildübertragung beziehungsweise Mikroskopaktion anzuzeigen, so daß er dann eine neue Aktion starten oder eine begonnene fortführen kann. Die optische Signalisierung besteht beispielsweise aus einer Nachricht wie "System führt Objektivwechsel durch" oder "Autofokusprozeß läuft" oder aus einem Symbol oder einer Farbe, um den Grad der Verfügbarkeit der Systemressourcen, wie die Kanalbelegung, anzuzeigen. Akustisch kann der Systembeschäftigungszustand beispielsweise durch unterschiedliche Tonhöhen oder Tonimpulsfolgen signalisiert werden. Bei dieser Vorgehensweise steuert die Bildübertragungskontrolleinheit 30 den Kontrollbildschirm 28 und

den Lautsprecher 29 passend an.

Als weitere Gestaltungsmöglichkeit kann eine mechanische Rückkopplung vorgesehen sein, wie sie in Fig. 4 in Form einer Krafrückführung auf ein Bedienelement 31 der Bedieneinheit 10 dargestellt ist. Das Bedienelement 31 kann beispielsweise ein Drehknopf an der Bedieneinheit 10 zur Fernsteuerung des Mikroskopisches sein. Dem Benutzer wird über Krafrückkopplung mechanisch am Bedienelement 31 der Grad der Systemauslastung bzw. im Grenzfall die Systemblockierung angezeigt. Dazu wird über eine Ansteuereinheit 44 der Bedieneinheit 10, die Eingangsinformationen über den Systemzustand, wie er von der Systemzustandsbestimmungseinheit 42 ermittelt wird, erhält, mittels eines Reibungskraftstellgliedes 32 in Abhängigkeit von den Eingangsinformationen eine definierte Reibung und/oder mittels eines Krafrückkopplungsmotors 33 eine aktive Reaktionskraft eingestellt. Bei Blockierung der Anlage wird auch das Bedienelement 31 blockiert. Vorliegend signalisiert die rückgeführte Kraft neben den Kräften am Mikroskop vor allem den Belegungszustand der Anlage beziehungsweise deren am stärksten ausgelasteten Komponente, was im allgemeinen die Übertragungsstrecke 7 ist. Der Benutzer spürt unmittelbar, wenn er seine Aktionen fortsetzen beziehungsweise eine neue Aktion starten kann.

Ergonomische, dem jeweiligen Anwendungsgebiet angepaßte Gestaltungen der Bedieneinheit 10 sind ein wichtiger Punkt für die Akzeptanz einer solchen Anlage, z. B. als Telemikroskopieanlage in der Medizin. Eine Gestaltungslösung ist beispielsweise die Realisierung als eine Bedienmaus, mit der alle Mikroskopaktionen ferngesteuert von einer computermausähnlichen Konstruktion gesteuert werden können. Neben dieser gängigen Mausstechnik kommt eine an den klassischen Mikroskopierarbeitsplatz extrem angepaßte Lösung in Betracht, die darin besteht, daß die Bedieneinheit 10 als Phantommikroskop gebildet ist, das aus einem dem realen Mikroskop des Bildaufnahmeystems nachgebildeten Mikroskop ohne Optik, jedoch sonst allen Bedienelementen besteht. Diese Bedienelemente sind mit Gebern zur Erfassung der Benutzeranforderungen und gegebenenfalls mit den erwähnten Krafrückkopplungen gemäß Fig. 4 verbunden und erlauben die Steuerung des echten Mikroskops 1a der Mikroskopstation durch sinnfällige Bedienaktionen am Phantommikroskop der Beobachtungsstation. Mit dem Phantommikroskop steht dem Benutzer ein ihm gewohntes Arbeitsgerät zur Verfügung, so daß er sich nicht umzugewöhnen oder einzuarbeiten braucht. Einziger Unterschied zu seinem klassischen Arbeitsplatz ist die Beobachtung des Mikroskopgesichtsfeldes am Bildwiedergabemonitor 9 der Beobachtungsstation anstatt durch das Mikroskopokular.

Als weitere Funktionalität besitzt die gezeigte Telemikroskopieanlage die Fähigkeit zur prophylaktischen Übertragung von Bildszenen. Ausgehend von der Tatsache, daß bei einer eingehenden Untersuchung von Bildszenen im allgemeinen Zeitintervalle auftreten, in denen die vorhandene Übertragungskapazität nicht genutzt wird, werden diese Zeitintervalle von der Anlage dazu genutzt, im Hintergrund weitere Bilder aus Bereichen des Mikroskopgesichtsfeldes zu übertragen, von denen angenommen wird, daß sie anschließend vom Benutzer angefordert werden. Dazu enthält die Anlage einen nicht näher gezeigten Prädiktor für die wahrscheinliche Fortsetzung einer Untersuchung. Dieser Prädiktor schließt aus den Orten der bislang übertrage-

nen Gebiete des Präparates auf die Orte der nächsten Bildübertragung. Der Programmablauf für derartige Bildübertragungen ist in Fig. 5 als Flußdiagramm dargestellt.

Nach einem Startschritt 50 folgt zunächst ein Abfrageschritt 51 dahingehend, ob eine neue Bildanforderung vorliegt. Wenn dies der Fall ist, wird in einem darauffolgenden Abfrageschritt 52 geprüft, ob das neu angeforderte Bild bereits als zuvor übertragenes Hintergrundbild in einem zugehörigen Speicher abgelegt ist. Wenn dies der Fall ist, kann dieses abgespeicherte Bild im nächsten Schritt 53 sofort aus dem Speicher abgerufen und auf dem Monitor dargestellt werden. Ein nachfolgender Abfrageschritt 54 entscheidet dann, ob der Programmablauf abgebrochen und damit ein Stoppschritt 55 erreicht oder zur Durchführung eines neuen Programmzyklus hinter den Startschritt 50 zurückgesprungen wird.

Wenn sich im diesbezüglichen Abfrageschritt 52 ergibt, daß das neu angeforderte Bild noch nicht im Speicher vorliegt, werden zunächst die Koordinaten des Bildfeldes abgespeichert (Schritt 56), wonach dann das angeforderte neue Bild übertragen wird (Schritt 57), so daß es auf dem Monitor dargestellt werden kann. Zur Abspeicherung der Bildfeldkoordinaten ist ein entsprechender Adreßspeicher 58 vorgesehen, der in Fig. 5 durch gestrichelte Linien symbolisch mit den ihn betreffenden Programmpunkten verbunden ist.

Wenn im diesbezüglichen Abfrageschritt 51 das Fehlen einer neuen Bildanforderung festgestellt wird, bestimmt der Prädiktor in einem nächsten Schritt 59 die wahrscheinlichste nächste Bildadresse, beispielsweise durch Verlängerung der Spur der zuletzt übertragenen Präparatbereiche um ein zuvor verwendetes Verschiebungsinkrement. Anschließend wird dieses wahrscheinlichste nächste Bild im Hintergrund während eines Zeitintervalls ungenutzter Übertragungskanalkapazität übertragen und seine Adresse abgespeichert (Schritt 60). Das übertragene Bildfeld wird dann im zugehörigen Bildspeicher abgelegt (Schritt 61), wo es dann auf Abruf bereitsteht. Anschließend wird mit dem Abbruchabfrageschritt 54 fortgesetzt. Diese prophylaktische Bildübertragung im Hintergrund bewirkt, daß sich im Mittel die Bildanzeigegeschwindigkeit verbessert, da das wahrscheinlichste nächste Bild im Moment seiner Anforderung häufig bereits auf Seiten der Beobachtungsstation im Bildspeicher vorliegt und von dort nur abgerufen zu werden braucht.

Eine weitere vorteilhafte, bei der Telemikroskopieanlage von Fig. 1 getroffene Maßnahme betrifft permanente Orientierungshilfen für den Beobachter, wie sie in Fig. 6 veranschaulicht sind. Diese Orientierungshilfen beinhalten die Benutzung eines separaten Überblicksbildschirms 39, auf dem ein zu Beginn einer Untersuchung vom Objekt angefertigtes Gesamtbild 38 dargestellt wird. Alternativ kann diese Gesamtbildarstellung auch als eingeblendetes Fenster auf dem Bildwiedergabemonitor 9 oder auf dem Anzeigebildschirm 28 erfolgen. In dem Gesamtbild ist ein in seiner Größe variables Markierungsrechteck 40 vorgesehen, das die Position des aktuellen Mikroskopgesichtsfeldes im Gesamtbild wiedergibt, wobei die Größe des Markierungsrechtecks 40 die Fläche des aktuellen Gesichtsfeldes bezüglich des Gesamtbildes repräsentiert. Bei einem anwählbaren Betriebsmodus bleibt jedes einmal angefahrne und untersuchte Gesichtsfeld im Gesamtbild 38 farblich markiert, so daß der insgesamt farblich markierte Bereich 41 den jeweils bereits untersuchten Präparatbereich angibt,

was dem Benutzer eine schnelle Übersicht über die Lage und die Fläche der bereits untersuchten Präparatgebiete gibt. Dies vermeidet Doppeluntersuchungen von Präparatgebieten, was wiederum den Datenfluß verringert.

Die gezeigte Telemikroskopieanlage besitzt des weiteren die Funktionalität, kleine Bildbereiche in Echtzeit übertragen zu können. Dem liegt die Überlegung zugrunde, daß die Übertragungskapazität der Übertragungsstrecke 7 normalerweise ausreicht, einen kleinen Bildausschnitt der gesamten Bildszene in Echtzeit zu übertragen. Diese Funktion ist beispielsweise in der Telepathologie dazu verwendbar, einzelne Zellkerne in mehreren Fokusebenen durchzufokussieren. Der Benutzer wählt dazu das gewünschte Detailbild mit einem kleinen, nicht gezeigten Teilbildrahmen in dem Gesamtbild 38 gemäß Fig. 6 aus und kann dann eine Bildübertragung in Echtzeit mit höchster Bildqualität für den umrahmten Bildausschnitt anfordern.

Des weiteren erlaubt die gezeigte Telemikroskopieanlage die Archivierung von ausgewählten Bildszenen. Mit dieser Funktion wird dem Benutzer die Möglichkeit gegeben, ausgewählte Bildszenen in einer Datenbank oder elektronischen Patientendatei abzuspeichern. Mit dem Bild wird ein Kommentar abgespeichert, der den Ort des Bildes im gesamten untersuchten Präparat sowie sämtliche Aufnahmebedingungen, insbesondere die verwendeten Mikroskopeinstellungen, angibt. Gleichzeitig werden diese Bilder in Kleinformat auf dem Bildwiedergabemonitor 9 während der Untersuchung eines Falles bereitgehalten.

Als Gegenstück zu dieser Archivierungsfunktion bietet die gezeigte Telemikroskopieanlage zudem die Möglichkeit, ausgewählte Präparatstellen erneut aufzurufen. Durch Anwählen eines Kleinbildes oder durch Aufruf aus der Datenbank oder der Patientenkartei heraus wird die gewünschte Bildszene des Präparates anhand der mitabgespeicherten Daten über den Bildort und die Mikroskopparameter aufgesucht und dargestellt. Bei Bedarf kann die Untersuchung des Präparates anschließend in der Nachbarschaft dieses Bildortes fortgesetzt werden. Diese Funktionalität ist besonders nützlich, wenn das Präparat zunächst voruntersucht und anschließend von einem Experten anhand der vorausgewählten Bildszenen endgültig bewertet wird.

In der gezeigten Telemikroskopieanlage ist zudem eine Lupenfunktion für die Inspektion vorgewählter Präparatstellen implementiert, mit welcher der Beobachter im Gesamtbild 38 gemäß Fig. 6 an eine auswählbare Stelle springen und selbige mit einer höheren Vergrößerung untersuchen kann. Diese Lupenfunktion wird vom System selbsttätig ausgeführt. Nach dem Ende eines Lupenfunktionsvorgangs werden automatisch der vorherige Vergrößerungszustand und der vorherige Untersuchungsort wieder eingestellt. Diese Funktionalität bietet dem Benutzer die Möglichkeit von Detailuntersuchungen mit relativ wenigen, von ihm vorzunehmenden Systemeingaben.

Um den Benutzern auf beiden Seiten der Telemikroskopieanlage, z. B. dem Pathologen auf Seiten der Beobachtungsstation und dem Operationspersonal auf Seiten der Mikroskopstation, eine optische Diskussionshilfe anzubieten, besitzt die gezeigte Telemikroskopieanlage je ein Zeigersymbol für jeden Diskussionspartner. Die beiden Zeigersymbole sind in Farbe und/oder Form unterschiedlich und werden von der jeweiligen Station gesteuert und damit bewegt und auch auf der jeweils anderen Station angezeigt, was die Diskussion von Bilde-

tails zwischen den voneinander entfernten Diskussionspartnern erleichtert beziehungsweise eindeutig macht.

Es versteht sich, daß die in Fig. 1 gezeigten, verschiedenen Funktionskomponenten der Telemikroskopieanlage jeweils als getrennte Bauteile oder als miteinander integrierte Einheiten beispielsweise eines Rechners sowie, soweit sich dies anbietet, in Software statt Hardware realisiert sein können, wie dies dem Fachmann geläufig ist. Des weiteren versteht sich, daß vom Fachmann neben der gezeigten weitere erfindungsgemäße Telemikroskopieanlagen realisierbar sind und daß die Erfindung zudem andere Arten von Objektfernuntersuchungseinrichtungen umfaßt, insbesondere Teleendoskopie- und Telesonographieanlagen. Bei Teleendoskopieanlagen ist das Mikroskop der gezeigten Telemikroskopieanlage durch ein ferngesteuertes oder von einer Bedienperson geführtes Endoskop ersetzt. In Telesonographieanlagen ist das Mikroskop der gezeigten Telemikroskopieanlage entsprechend durch ein ferngesteuertes oder von einer Bedienperson geführtes Sonographiesystem ersetzt. Im übrigen sind auch bei diesen Anlagentypen dieselben vorteilhaften Verfahrensweisen realisierbar, wie sie oben für die Telemikroskopieanlage erläutert wurden.

Patentansprüche

1. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung mit

- einem am Ort des zu untersuchenden Objektes (43) angeordneten Bildaufnahmesystem, einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems und
- einer zwischenliegenden, schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke, über welche die aufgenommenen Bilder unter Verwendung von Bilddatenkompression und/oder -reduktion zur Beobachtungsstation sowie die Fernsteuerbefehle zum Bildaufnahmesystem übertragen werden,

gekennzeichnet durch

- eine Systemzustandsbestimmungseinheit (42), die laufend den bildübertragungsrelevanten Gesamtsystemzustand erfaßt und abhängig davon selbsttätig die Bilddatenkompression und/oder -reduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel benutzten Telekommunikations-Einzelkanälen derart variabel steuert, daß sowohl eine für die jeweilige Situation benötigte Bildqualität als auch ein jeweils noch bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt wird,
- wobei zur Erzielung eines jeweils bestmöglichen Bewegungseindrucks Mittel zum Erzeugen und Anzeigen von Zwischenbildern (23a, ..., 23n) zwischen zwei aufeinanderfolgend übertragenen, sich teilweise überlappenden Einzelbildern (21, 22) in der Beobachtungsstation angeordnet und/oder Mittel zum Übertragen jeweils nur desjenigen Bereiches (25) eines neu aufgenommenen Bildes (45a), der nicht in einem zuvor aufgenommenen Bild (45b) enthalten ist, und zum Anfügen der übertragenen Bildbereiche in der Beobachtungsstation passend an das bisher dargestellte Bild vorgesehen sind.

2. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung, insbesondere nach Anspruch 1, mit

- einem am Ort des zu untersuchenden Objektes (43) angeordneten Bildaufnahmesystem,
- einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems und
- einer zwischenliegenden, schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke, über welche die aufgenommenen Bilder unter Verwendung von Bilddatenkompression und/oder -reduktion zur Beobachtungsstation sowie die Fernsteuerbefehle zum Bildaufnahmesystem übertragen werden,

gekennzeichnet durch

- eine Systemzustandsbestimmungseinheit (42), die laufend den bildübertragungsrelevanten Gesamtsystemzustand erfaßt und abhängig davon selbsttätig die Bilddatenkompression und/oder -reduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel benutzten Telekommunikations-Einzelkanälen derart variabel steuert, daß sowohl eine für die jeweilige Situation benötigte Bildqualität als auch ein jeweils noch bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt wird, wobei die Beobachtungsstation Mittel (31, 32, 33, 44) zur kraftrückwirkungsmechanischen Anzeige des Systembeschäftigungszustands aufweist.

3. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, mit

- einem am Ort des zu untersuchenden Objektes (43) angeordneten Bildaufnahmesystem,
- einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems und
- einer zwischenliegenden, schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke, über welche die aufgenommenen Bilder unter Verwendung von Bilddatenkompression und/oder -reduktion zur Beobachtungsstation sowie die Fernsteuerbefehle zum Bildaufnahmesystem übertragen werden,

gekennzeichnet durch

- eine Systemzustandsbestimmungseinheit (42), die laufend den bildübertragungsrelevanten Gesamtsystemzustand erfaßt und abhängig davon selbsttätig die Bilddatenkompression und/oder -reduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel benutzten Telekommunikations-Einzelkanälen derart variabel steuert, daß sowohl eine für die jeweilige Situation benötigte Bildqualität als auch ein jeweils noch bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt wird,
- wobei die Objektfernuntersuchungseinrichtung voraussichtlich später benötigte Bilder anhand der Bedienaktivitäten vorausschätzt und in Zeitpunkten mit ungenutzter Übertragungskapazität zur Beobachtungsstation überträgt und dort abspeichert.

4. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit

- einem am Ort des zu untersuchenden Objektes (43) angeordneten Bildaufnahmesystem,

— einer davon räumlich entfernt angeordneten Beobachtungsstation zur Bildauswertung und zur Fernsteuerung des Bildaufnahmesystems und

— einer zwischenliegenden, schmalbandigen Telekommunikations-Übertragungsstrecke, über welche die aufgenommenen Bilder unter Verwendung von Bilddatenkompression und/oder -reduktion zur Beobachtungsstation sowie die Fernsteuerbefehle zum Bildaufnahmesystem übertragen werden,

gekennzeichnet durch

— eine Systemzustandsbestimmungseinheit (42), die laufend den bildübertragungsrelevanten Gesamtsystemzustand erfaßt und abhängig davon selbsttätig die Bilddatenkompression und/oder -reduktion und/oder die Anzahl von in einem Übertragungsbündel benutzten Telekommunikations-Einzelkanälen derart variabel steuert, daß sowohl eine für die jeweilige Situation benötigte Bildqualität als auch ein jeweils noch bestmöglicher Online-Bildeindruck erzielt wird und

— Darstellungswerkzeuge, welche die Darstellung eines Objektgesamtbildes (38) umfassen, in welchem das aktuelle Gesichtsfeld und optional die bereits untersuchten Objektbereiche als jeweilige Markierungsflächen (40, 41) dargestellt wird.

5. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Systemzustandsbestimmungseinheit (42) die Parameter zur Datenkompression und/oder -reduktion unter anderem in Abhängigkeit vom Bildinhalt und der gewählten Bildvergrößerung festlegt.

6. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiter dadurch gekennzeichnet, daß als Übertragungsstrecke ein Bündel einer variablen Anzahl von Telekommunikationskanälen dient, wobei die Kanalanzahl von der Systemzustandsbestimmungseinheit (42) in Abhängigkeit vom erfaßten Gesamtsystemzustand eingestellt und die Kanallaufzeiten selbsttätig kompensiert werden.

7. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter dadurch gekennzeichnet, daß das Bildaufnahmesystem eine Autofokuseinrichtung (19) zur selbsttätigen Bildfokussierung beinhaltet.

8. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiter dadurch gekennzeichnet, daß das Bildaufnahmesystem eine Helligkeitssteuerungseinrichtung (20) zur selbsttätigen Helligkeitssteuerung beinhaltet.

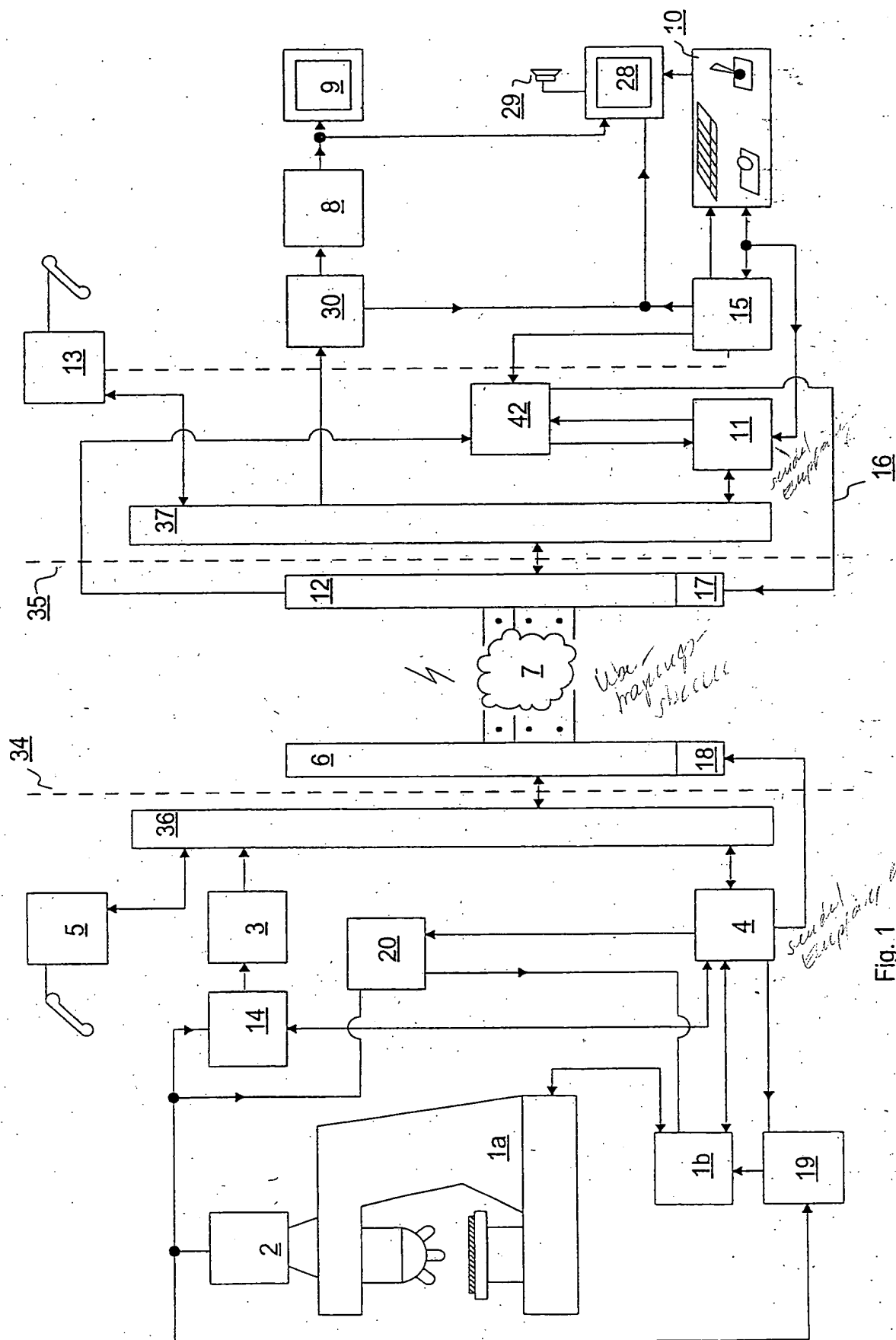
9. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Beobachtungsstation als Bedieneinheit eine der im Bildaufnahmesystem vorgesehenen Bildaufnahmeeinrichtung nachgebildete Phantom-Bildaufnahmeeinrichtung aufweist.

10. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Beobachtungsstation Mittel zur Abspeicherung von Archivierungsdaten für eine jeweils übertragene Bildszene aufweist.

11. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach Anspruch 10, weiter dadurch gekennzeichnet, daß anhand der Archivierungsdaten eine jeweils ausgewählte Bildszene durch die Einrichtung selbsttätig wieder einstellbar ist.

12. Bildübertragende Objektfernuntersuchungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, weiter gekennzeichnet durch Mittel zum Auswählen kleiner Bildbereiche des Gesichtsfeldes und zur Übertragung des jeweils ausgewählten, kleinen Bildbereiches in Echtzeit mit der höchstmöglichen Bildqualität.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



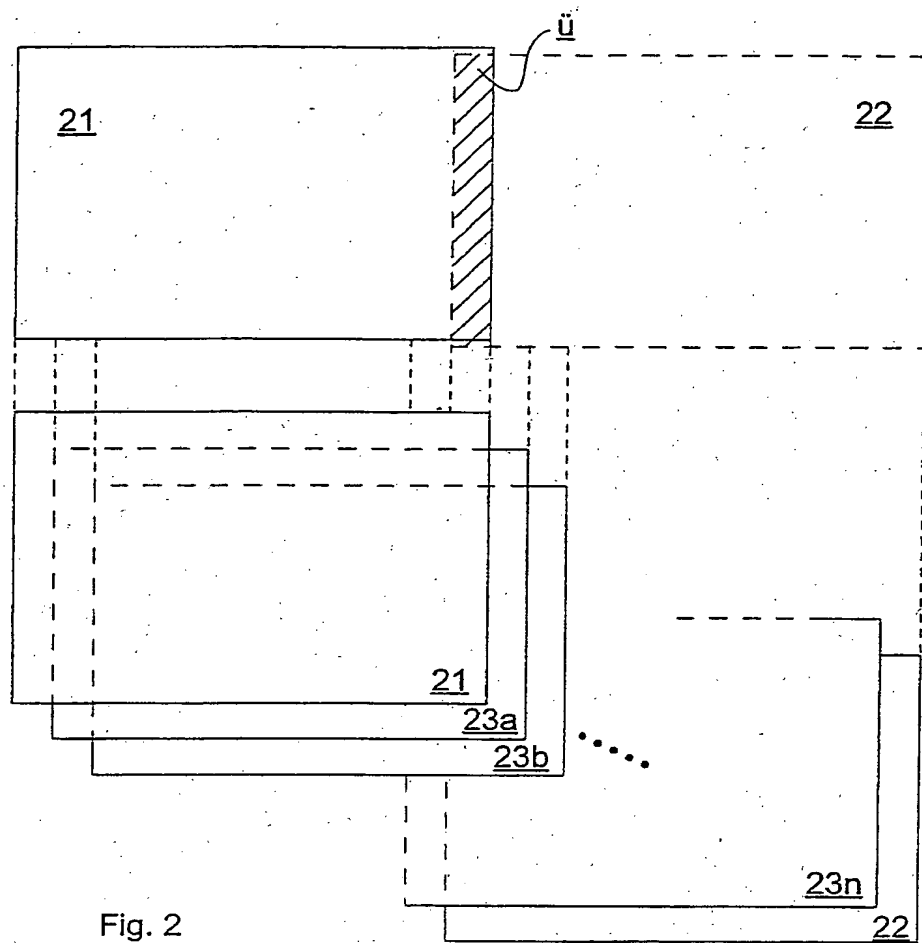


Fig. 2

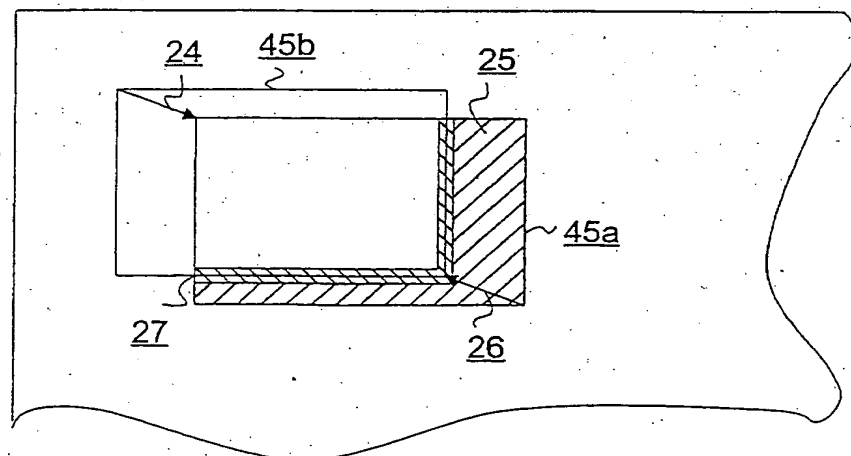


Fig. 3

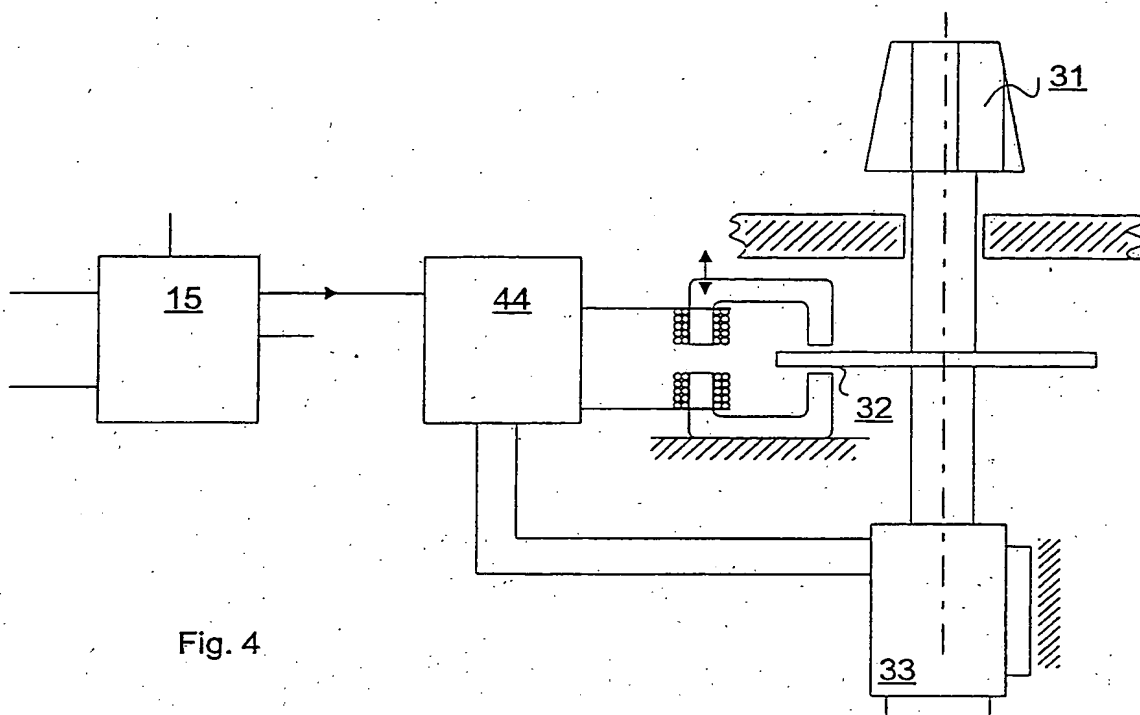


Fig. 4

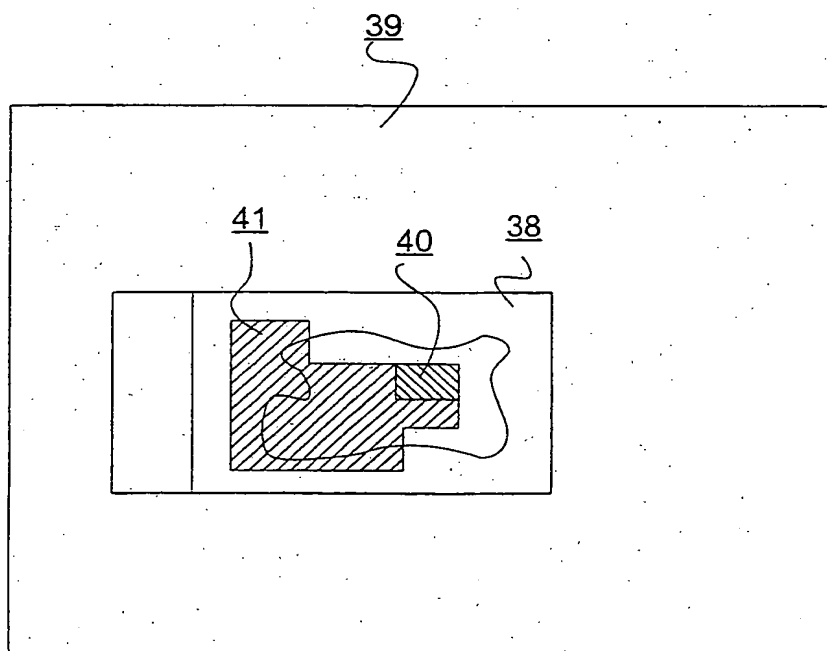


Fig. 6

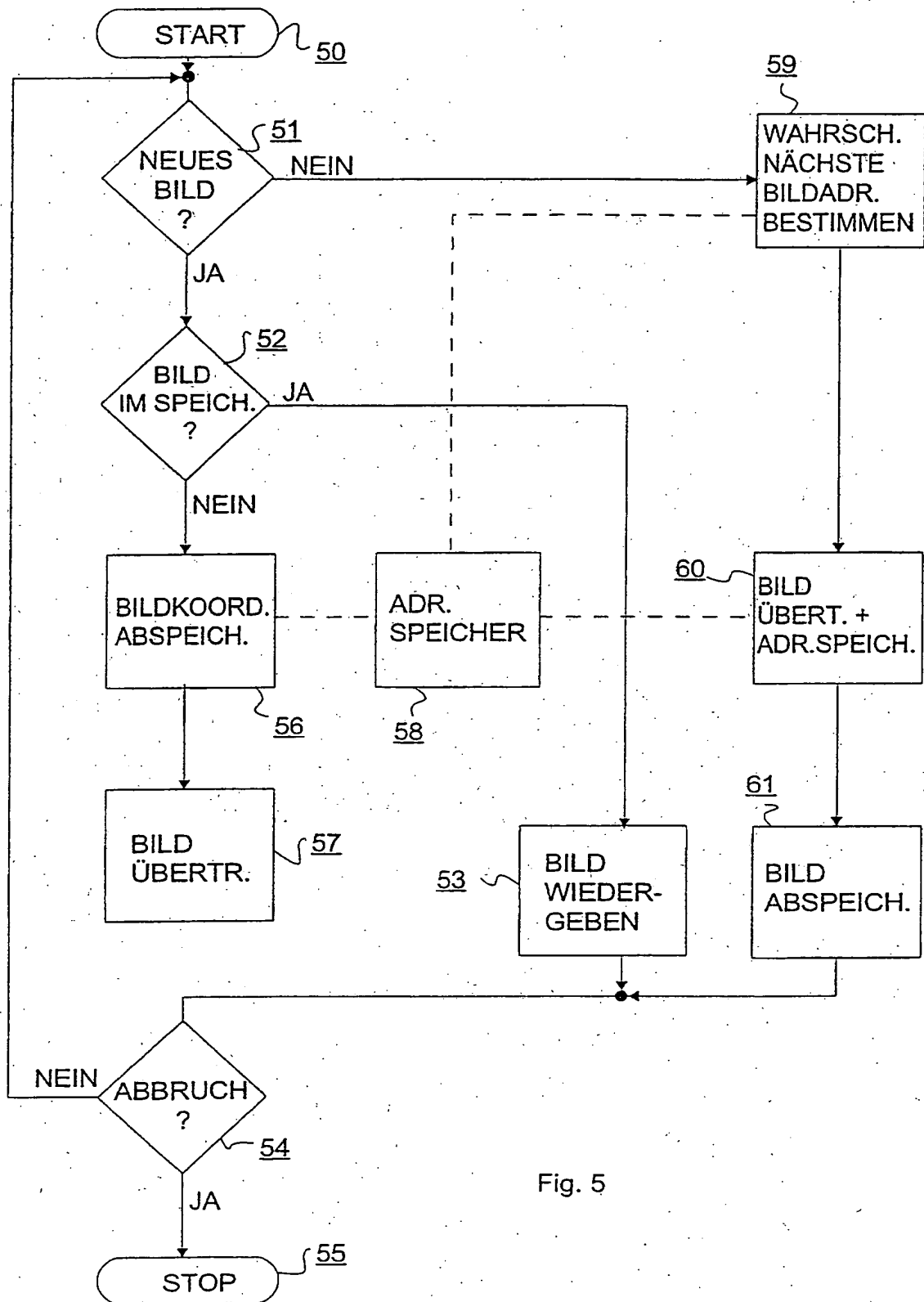


Fig. 5